



3

OZONO TROPOSFÉRICO Y CALIDAD DEL AIRE

CEAM

FUNDACIÓ
CENTRE D'ESTUDIS
AMBIENTALS DE LA
MEDITERRÀNIA

 **GENERALITAT VALENCIANA**
CONSELLERIA DE MEDI AMBIENT, AIGUA, URBANISME I HABITATGE

OZONO TROPOSFÉRICO Y CALIDAD DEL AIRE

PRÓLOGO

*El conocimiento es el remedio contra el miedo a no conocer.
Una imagen se ve según se mira, según se cree y, sobre todo, según se conoce.*

Jorge Wagensberg · (Barcelona, 1948. Escritor. Doctor en Física)

La calidad del aire ambiente constituye un bien de importancia creciente, tanto para la Administración como para los propios ciudadanos. Una normativa cada vez más amplia y estricta, procedente de las diferentes instancias, europea, nacional, autonómica y municipal, obliga a las autoridades responsables a desarrollar acciones, tendentes a mantener o en su caso, mejorar los estándares exigidos, en forma de objetivos de calidad del aire.

En esta línea se encuadran iniciativas de la Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda, tales como el control de las emisiones contaminantes a través de las actuaciones ambientales integradas, la gestión de la calidad del aire, apoyándose en la Red Valenciana de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica ó la información rápida y objetiva, tales como la difusión de las mediciones de los niveles de los diferentes contaminantes en la página web de atmósfera dentro del portal de la Generalitat Valenciana, del programa PREVIOZONO, de vigilancia de los niveles de ozono troposférico de la Comunidad Valenciana y de mensajes SMS, de superaciones de los umbrales de información de ozono así como mensajes sobre la calidad del aire en cualquier punto del territorio valenciano.

Es importante reflexionar sobre la importancia que los ciudadanos han ido otorgando a la calidad del aire que respiran, incorporándolo entre sus niveles de exigencia, tanto por ser fuente de confort y calidad de vida como por la conciencia que ha tomado la población, en general, por su repercusión directa sobre la salud.

Con el presente documento, la Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda, como parte de su actuación, pretende poner a disposición de los ciudadanos de la Comunidad Valenciana un vehículo de información y formación sobre el problema de la contaminación atmosférica por ozono, más allá de los requerimientos que establece la normativa ambiental relativa a calidad del aire ambiente. Este trabajo supone por tanto, una herramienta de acercamiento al conocimiento de un contaminante como es el ozono y de su repercusión y peculiaridades en la Comunidad Valenciana.

Es también mi deseo hacer constar explícitamente nuestro reconocimiento y agradecimiento por el trabajo de elaboración realizado por la Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo, que tanto esfuerzo y dedicación emplea día a día para ahondar en el conocimiento sobre el ozono troposférico en la Comunidad Valenciana.

Jorge Lamparero Lázaro
Director general para el Cambio Climático

Autores:

Enrique Mantilla, Núria Castell, Rosa Salvador, Cesar Azorín y Millán Millán (Fundación CEAM).
José Vicente Miró (Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge) y **Lucía Juan** (VAERSA).

ÍNDICE

PRÓLOGO	3
INTRODUCCIÓN	7
1. ¿ES EL OZONO UN CONTAMINANTE PELIGROSO?	9
2. ¿CUÁL ES EL ORIGEN DEL OZONO EN LA ATMÓSFERA?	13
3. ¿CÓMO INCIDE EL OZONO EN EL MEDIO Y LA SALUD?	17
4. ¿CÓMO SE MIDE LA CONCENTRACIÓN AMBIENTE DE OZONO?	19
5. ¿CÓMO SE ABORDA EL PROBLEMA DE LA CONTAMINACIÓN POR OZONO?	23
6. ¿CUÁL ES LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA COMUNIDAD VALENCIANA RESPECTO A LA CONTAMINACIÓN POR OZONO?	27
7. ¿EN QUÉ CONSISTE EL PROGRAMA DE VIGILANCIA DEL OZONO TROPOSFÉRICO (PREVIOZONO) DESARROLLADO EN LA COMUNIDAD VALENCIANA?	31
8. ¿CÓMO SE PUEDE COMBATIR LA CONTAMINACIÓN POR OZONO?	35
9. RECAPITULACIÓN	39
10. REFERENCIAS RECOMENDADAS	41
11. AGRADECIMIENTOS Y FUENTE DE IMÁGENES	42

INTRODUCCIÓN

El problema de la contaminación atmosférica por ozono presenta una naturaleza compleja, aún no totalmente desentrañada por los propios científicos en todos sus aspectos, que precisa necesariamente el manejo de conceptos complicados en su descripción y caracterización.

A esto se une la habitual confusión entre el agujero de la capa de ozono y la contaminación por ozono, entre la alarmante disminución de los niveles de ozono (agujero de la capa de ozono) que se viene alertando en los últimos años, y la igualmente preocupante exposición de la población a crecientes concentraciones de ozono (contaminación por ozono).

El agujero de ozono se localiza en la estratosfera, capa de la atmósfera situada aproximadamente entre 12 y 50 km de altura, donde el ozono se encuentra en grandes concentraciones y actúa como un filtro de la radiación solar ultravioleta, que puede resultar perjudicial para la salud (radiación eritemática). Se trata de un efecto beneficioso (ozono bueno), de manera que la disminución de la cantidad de ozono en las capas altas (referida como agujero) conduce por lo tanto a un aumento de la intensidad de la radiación ultravioleta que alcanza la superficie terrestre.

Por el contrario, la contaminación por ozono se registra en las capas de la atmósfera más próximas a la superficie, y se considera como tal cuando la presencia de dicho gas sobrepasa unos determinados valores. Se trata del mismo compuesto que el que existe en la alta atmósfera, pero en concentraciones elevadas el ozono es un agente potencialmente dañino para la salud (al ser respirado) de personas, animales y plantas, así como causante de efectos indeseables sobre los materiales y en general sobre la calidad de vida de los ciudadanos (y se suele identificar, por oposición al aludido anteriormente, como ozono malo).

No obstante, desde la identificación del problema se ha recorrido un largo camino, tanto en el conocimiento de las causas como en el desarrollo de herramientas capaces de abordar su gestión, que ha desembocado en la aprobación de normativas europeas y nacionales.

Uno de los problemas de la gestión de la contaminación por ozono es su naturaleza de contaminante secundario, dado que no se emite directamente desde el foco de emisión, sino que se forma en el seno de la atmósfera a partir

de otros compuestos primarios. En consecuencia, los movimientos atmosféricos pueden transportar dichos compuestos y dar lugar al aumento de ozono en regiones muy alejadas del origen de las emisiones. Además, la participación de procesos muy diferentes y complejos en la formación de ozono (meteorología, emisiones, química, etc.) hace que sea muy difícil conocer y prever individualizadamente cual es la respuesta ante cada uno de los factores que intervienen. Todo ello contribuye a que el diagnóstico de la ocurrencia de episodios de elevadas concentraciones de ozono en una zona sea una cuestión complicada, así como lo es también elaborar estrategias efectivas de reducción. En ocasiones no es suficiente la adopción de medidas locales, sino que deberían ser planificadas a nivel europeo o, incluso, a escala mundial.

Desde un punto de vista legal, la normativa europea y las consiguientes transposiciones a las leyes españolas sitúan fundamentalmente sobre las Comunidades Autónomas y, en su caso, en los Ayuntamientos, la responsabilidad última de gestionar la calidad del aire en su ámbito de influencia, tanto desde el punto de vista de las exigencias de diagnóstico (implantación de las redes de vigilancia, evaluaciones de la calidad del aire, etc.), como del diseño y puesta en marcha de planes de actuación en el caso de superaciones de los niveles de concentración propugnados por la legislación. La Generalitat Valenciana dispone de una red para la vigilancia de la contaminación atmosférica, en la cual se efectúan (entre otras) medidas sistemáticas de las concentraciones de ozono a lo largo del territorio de la Comunidad Valenciana, y a través de algunos programas específicos, como el PREVIOZONO, se mantiene una vigilancia y alerta continuada de la posible ocurrencia de situaciones de elevada concentración.

Dado que el tema resulta harto complejo, en las páginas que siguen se ha pretendido dar una aproximación a la cuestión de la contaminación por ozono o contaminación fotoquímica, enfocándolo más que desde un punto de vista formal, en forma de aquellas preguntas que con más probabilidad se pueden suscitar en un ciudadano de la Comunidad Valenciana alertado por este problema. En lo que sigue se ha procurado proporcionar algunas respuestas, con la mayor claridad posible, pero sin trivializarlas; se ha pretendido transmitir parte del conocimiento consolidado, de manera que el ciudadano no experto pueda generarse sus propios criterios, pero también dar una visión de los muchos aspectos y matices inherentes a esta cuestión, así como las numerosas fuentes de incertidumbre que aún persisten. Por último, en el capítulo final se ha intentado compendiar en un breve mensaje cada uno de los capítulos anteriores, englobando lo más sustancial de lo transmitido en cada pregunta.

¿ES EL OZONO UN CONTAMINANTE PELIGROSO?

1

El ozono es el oxidante más importante presente en los niveles inferiores de la atmósfera. Se trata de un compuesto que se produce a partir de otras sustancias y mediante reacciones químicas en las que interviene la luz solar (contaminante fotoquímico secundario), y que es capaz de atacar (oxidar) materiales y tejidos vivos.

Esto le convierte en un compuesto potencialmente peligroso dada su capacidad para reaccionar con la mayoría de los compuestos, degradándolos (oxidación, corrosión, etc.). Ello afecta tanto a los materiales como a los propios seres vivos, que se ven expuestos a su acción, externamente pero también internamente, en el intercambio de gases que tiene lugar por la respiración.

Existe evidencia experimental de efectos adversos sobre la salud ante cortas exposiciones a elevadas concentraciones de ozono, que generalmente afectan a la reducción de capacidad respiratoria y alteración de la función pulmonar (siendo más crítico en individuos con afecciones previas, como es el caso de los asmáticos).



Algunos estudios epidemiológicos han puesto también de manifiesto el efecto de exposiciones a largo plazo, que en gran medida parecen incidir en el desarrollo de la capacidad pulmonar en niños, mientras que no está clara la relación con el desarrollo de cáncer pulmonar ni con un incremento de mortalidad en general.

La concentración de ozono es el resultado de una multiplicidad de procesos que se producen en el seno de la atmósfera a partir de la emisión de sustancias precursoras, que son transportadas y transformadas químicamente en presencia de luz solar. Las emisiones de contaminantes debido a la actividad humana (tráfico, industrias, etc.) contribuyen a la formación de ozono en la baja atmósfera, siendo la causa de la tendencia creciente de los niveles de contaminación por ozono superficial en los últimos años.

Los estudios de salud tampoco parecen evidenciar un valor de concentración por encima del cual se manifiesten sus efectos, tanto para exposiciones cortas e intensas como de larga duración, dependiendo los resultados de cada individuo en concreto. En general parece haber una mayor gravedad con la edad del individuo, resultando también los niños un grupo sensible, y en general aquellas personas con problemas respiratorios; pero sobre todo la incidencia aumenta con el grado de exposición, de manera que una mayor ventilación (actividad física en el exterior) favorece una más profunda penetración en los pulmones. Estudios recientes indican además una posible relación del ozono con el aumento de la placa arterial, con una potencial incidencia en afecciones cardiovasculares.



La principal vía de afección al ser humano de la contaminación por ozono se produce a través del intercambio de gases en el proceso respiratorio. La respuesta varía mucho entre individuos por razones genéticas (capacidad de respuesta antioxidante de las células), edad (los niños y las personas mayores son los grupos más sensibles), y por la presencia de afecciones respiratorias (como alergias y asma). Durante episodios de elevada concentración de ozono resulta desaconsejable la práctica de actividades físicas, y en especial durante las horas centrales del día, ya que al aumentar el ritmo de la respiración se incrementa la entrada de ozono en los pulmones.

Los estudios epidemiológicos disponibles no concluyen manifiestamente una reducción de la esperanza de vida por causa de exposiciones a concentraciones de ozono ambiente (tanto sistemáticas como puntuales). No obstante, sí parece estar probada la incidencia de picos de concentración de ozono sobre el incremento de afecciones pulmonares (no resulta tan claro el efecto de las exposiciones a largo plazo a niveles moderados). También parecen mostrarse efectos sinérgicos con la presencia de otros contaminantes (especialmente de partículas en suspensión), pudiendo actuar como desencadenantes de reacciones alérgicas en personas sensibles.

De forma paralela a los anteriores efectos directos del ozono sobre la salud, cabe considerar otros aspectos relevantes:

- La medida de concentraciones sustanciales de ozono en la baja atmósfera, producto de transformaciones fotoquímicas, es indicadora también de la presencia de otros contaminantes, que se forman en el mismo proceso químico que pueden tener un impacto sobre la salud.
- El ozono es también un gas de efecto invernadero, varios cientos de veces más eficaz que el dióxido de carbono (salvo que se encuentra en muchísima menor concentración); el incremento sustancial de este compuesto en los niveles superficiales puede tener una repercusión sobre el balance de energía en la atmósfera y, por ende, en la evolución del cambio climático a escala regional-global.

El ozono es un gas con un alto poder oxidante, que en concentraciones elevadas tiene efectos adversos sobre la salud humana, la vegetación y los materiales. La incidencia parece ser más evidente en episodios agudos de concentración de corta duración que en el caso de exposiciones a niveles moderados durante periodos prolongados. Es necesario prevenir la exposición de niños, personas mayores e individuos con problemas respiratorios, y en especial en actividades físicas (que aumentan la ventilación).

¿CUÁL ES EL ORIGEN DEL OZONO EN LA ATMÓSFERA?

2

El ozono es una molécula formada por tres átomos de oxígeno, y de esta forma se transcribe en nomenclatura química: O_3 . A temperatura y presión ambiente se encuentra en forma de gas, como un componente más de la atmósfera.

Está presente en dos niveles de la atmósfera: en las proximidades del suelo, en la baja troposfera (capa que puede alcanzar hasta los 12 km de altura), y en niveles altos, en la estratosfera (con espesores típicos entre los 12 y los 50 km).

El ozono es un compuesto químico muy similar al oxígeno que respiramos, constituido por tres átomos $-O_3-$, frente a los dos $-O_2-$ que forman las moléculas de oxígeno; además, el ozono es también un componente natural de la atmósfera, si bien su concentración es mucho menor que la del propio oxígeno.

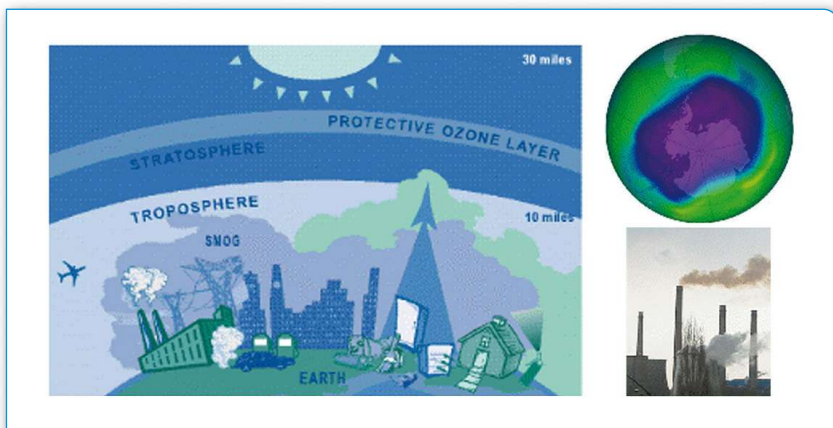
En la estratosfera forma una capa con elevadas concentraciones (con el máximo en torno a los 25 km) que filtra los rayos ultravioletas dañinos para el ser humano (radiación eritemática), evitando que alcancen la superficie terrestre. En estos niveles el ozono se forma principalmente por acción de la radiación solar sobre el oxígeno atmosférico (las moléculas de oxígeno se rompen en sus átomos -disociación radiativa- que se recombinan posteriormente en forma de moléculas de ozono).

Por el contrario, el ozono que está presente en las proximidades del suelo tiene su origen principalmente en las reacciones químicas que se producen en la propia troposfera a partir de otros contaminantes (compuestos precursores), que reaccionan bajo la acción de la luz solar (reacciones fotoquímicas). Es por ello que se suele referir al ozono como un contaminante secundario (no se emite directamente como resultado de una actividad concreta) de origen fotoquímico.

Estos procesos fotoquímicos se producen de manera natural (a partir de emisiones de las plantas y otros seres vivos), por lo que siempre existe una cierta concentración de ozono en los niveles superficiales. Es solo al alcanzar concentraciones elevadas, como resultado de la actividad humana, cuando se considera un serio contaminante atmosférico.

Otros mecanismos pueden dar lugar también al incremento de la concentración de ozono superficial: por exposición a fuertes campos electromagnéticos (como por ejemplo en tormentas con aparato eléctrico), o por aporte desde los niveles altos estratosféricos (intrusiones estratosféricas, susceptibles de producirse en procesos convectivos muy intensos, durante el paso de frentes, etc.). Sin embargo se trata de procesos puntuales, y ninguno de los mecanismos anteriores explica el incremento de las concentraciones de ozono superficiales que ha evolucionado parejo al desarrollo industrial, y que tiene un origen fundamentalmente fotoquímico, a partir de la transformación de los precursores.

Estos compuestos precursores son principalmente óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (COV), que son emitidos por el hombre en los procesos industriales y en la quema de combustibles fósiles (grandes centros de combustión y tráfico principalmente). En la naturaleza, el suelo y las plantas también emiten NO_x y COV (fuentes biogénicas).



El ozono atmosférico tiene distinto origen: en la estratosfera se forma a partir de la radiación solar, y actúa de forma beneficiosa (ozono bueno) como filtro atrapando la radiación ultravioleta, que es nociva para la vida; en la troposfera (capa más próxima a la superficie) el ozono se produce principalmente por reacciones químicas a partir de otros compuestos, emitidos en gran medida como resultado de la acción humana (precursores), y constituye un contaminante pernicioso para la salud (ozono malo).

En las proximidades de las fuentes (ciudades, carreteras, industrias, etc.), las emisiones frescas pueden reaccionar con el ozono y reducir localmente su concentración. Pero a cierta distancia se reactiva la formación fotoquímica de ozono. Es por ello que las concentraciones de ozono normalmente son bajas en los centros urbanos e industriales, incrementándose en las afueras y en zonas rurales a sotavento de tales núcleos.

El ozono y sus precursores pueden ser transportados a largas distancias (contaminación transfronteriza), dando lugar potencialmente a problemas de contaminación en áreas muy alejadas de las fuentes de origen.

Dado que para la formación de ozono es necesaria la presencia de luz solar, las concentraciones de ozono presentan variaciones según la hora del día y la estación del año. Las mayores concentraciones se dan durante los meses de primavera-verano. Durante el día los máximos de ozono se dan a partir del mediodía, cuando la radiación es más alta.

Durante la noche no hay formación fotoquímica de ozono, y por el contrario se destruye al reaccionar con otros compuestos emitidos. Sin embargo, en las zonas rurales, donde el aire está más limpio y no existen grandes concentraciones de otras sustancias, las concentraciones de ozono pueden permanecer relativamente altas en las horas nocturnas.

La orografía y el clima de cada zona pueden inducir comportamientos específicos en las concentraciones de ozono, que deberán ser valoradas cuidadosamente en cada caso para comprender su propia etiología. Como ejemplo, en la Comunidad Valenciana, la presencia de la brisa marina favorece la recirculación de los contaminantes durante varios días, sin apenas renovación de la masa aérea, lo que se traduce en un incremento paulatino de las concentraciones de ozono.

El ozono se concentra en dos estratos de la atmósfera: en la capa más baja (troposfera) actúa como un contaminante (ozono malo), que se forma a través de reacciones en las que intervienen sustancias emitidas por el tráfico, la industria y la vegetación.

En la estratosfera (de 12 a 50 km) el ozono se encuentra en concentraciones muy superiores y se origina a partir de la radiación solar; su efecto es beneficioso, siendo el responsable de filtrar la radiación ultravioleta-b, dañina para los seres vivos, evitando que alcance la superficie terrestre (ozono bueno).

¿CÓMO INCIDE EL OZONO EN EL MEDIO Y LA SALUD?

3

Un contaminante suele producir una alteración en la biología del organismo. El daño puede llegar a no producirse si los mecanismos de defensa y reacción del ser vivo amortiguan dicha agresión, aunque siempre a costa de un debilitamiento de las defensas del individuo, que lo dejan más vulnerable a otras posibles agresiones ambientales.

El ozono, como oxidante poderoso, reacciona con una amplia gama de componentes celulares y materiales biológicos.

En el caso de la salud, los efectos de exposición intermitente a concentraciones elevadas parecen ser más pronunciados que la exposición continuada. El daño suele centrarse en las diferentes partes del tracto respiratorio, cuya magnitud dependen de las propias características del individuo, de la concentración ambiente, tiempo de exposición, la variación de los niveles y el grado de ventilación.

Sobre la vegetación, elevados niveles de concentración de ozono son responsables de daños visibles en las hojas, reducciones en el crecimiento de las plantas y disminución de cosechas, así como de un aumento de la sensibilidad al estrés, tanto con origen biológico (plagas, virosis, etc.) como de otro tipo (sequía, carencias nutricionales, etc.).

El ozono penetra en la planta a través de los estomas, por donde se realiza el intercambio de gases con el exterior, reaccionando rápidamente con los elementos celulares con los que entra en contacto, desbordando en ocasiones las defensas naturales del organismo. Se pueden producir daños estructurales, observables en forma de decoloraciones en las hojas. Si el efecto persiste, se pueden ocasionar daños fisiológicos, que derivan en una reducción neta de la fotosíntesis y en la capacidad para fijar el CO₂ atmosférico, con la consiguiente reducción de las tasas de crecimiento de hojas, tronco, raíces y frutos. Finalmente, algunos estudios indican que el ozono puede afectar a los procesos reproductivos en las plantas, desde la capacidad de germinación del polen hasta el número de frutos y la viabilidad y número de semillas.

En el caso de los materiales, el ozono favorece y potencia en general los procesos de corrosión de los mismos (está asociado especialmente con la degradación de las gomas, pinturas y textiles sintéticos). La presencia de otros compuestos simultáneamente al ozono tiene un efecto potenciador de la acción sobre los materiales, intensificando la eficacia de cada uno por separado, o bien dando lugar a otros compuestos secundarios, no existentes previamente, que a su vez resultan agresivos sobre aquellos.

Y si bien el objeto del presente documento se refiere principalmente al ozono existente en niveles superficiales, la presencia de ozono en las capas altas de la atmósfera (ozono estratosférico) juega un papel importante al impedir que la parte dañina de la radiación solar (ultravioleta-b) alcance la superficie terrestre (causa potencial de la aparición de cánceres de piel). Por ello la reducción de las concentraciones en dichas capas (agujero de la capa de ozono) puede aumentar la exposición de la población a dicha radiación, con el consiguiente riesgo de aumento de enfermedades cutáneas y oculares.



El ozono tiene una fuerte capacidad oxidante; los efectos nocivos del ozono se manifiestan sobre la salud humana (irritación y afecciones del aparato respiratorio, con especial incidencia en grupos sensibles, niños, ancianos y personas con problemas respiratorios), en las comunidades vegetales (afectando al crecimiento y fisiología de la vegetación, causante de daños foliares, reducción de cosechas y producción de semillas, etc.); y en general sobre los materiales (potenciando los procesos de corrosión y envejecimiento).

En las personas expuestas a concentraciones elevadas puede producir daños centrados principalmente en el tracto respiratorio.

En las plantas puede ocasionar una reducción de las tasas de crecimiento de hojas, tronco, raíces y frutos.

En el caso de los materiales, el ozono favorece y potencia los procesos de corrosión, acelerando en general su degradación.

¿CÓMO SE MIDE LA CONCENTRACIÓN AMBIENTE DE OZONO?

4

Existen diferentes métodos para medir la concentración atmosférica de ozono, que siguen métodos de medida estándares y regulados por normativas internacionales, lo que asegura la posibilidad de comparar los resultados procedentes de diferentes países y regiones. Los equipos de medida que forman parte de las redes de vigilancia (incluida la de la Comunidad Valenciana) funcionan de manera continua y automática, ofreciendo medidas instantáneas. No obstante se suelen promediar sobre intervalos de tiempo que suelen ir desde los diez minutos hasta una hora (las medias horarias son las que se utilizan en la legislación).

La medición de la concentración de ozono en superficie se realiza mediante fotometría ultravioleta, utilizando la propiedad de las moléculas de ozono para absorber parte de la radiación ultravioleta, permitiendo estimar la concentración ambiente en función de la atenuación de la misma.



La medición de la concentración de ozono en el aire se puede efectuar mediante diferentes técnicas e instrumental; no obstante, su medida se encuentra normalizada, realizándose mediante equipos electrónicos (monitores automáticos de absorción ultravioleta), que forman parte de las infraestructuras de las redes de vigilancia de la calidad del aire, constituidas por cabinas donde se integran medidores de otros contaminantes junto a instrumentación meteorológica.

Las unidades de medida se expresan habitualmente en términos de la masa de ozono existente en un cierto volumen de aire. Habitualmente, de acuerdo a las normas internacionales, se utiliza como referencia un metro cúbico (m^3), por lo que dada la pequeña cantidad de ozono presente en el aire, esta se suele expresar en un submúltiplo del gramo (microgramo = millonésima de gramo = μg). Así, es habitual referir las concentraciones de ozono en microgramos por metro cúbico ($\mu g/m^3$), y de esta forma se hace en la legislación vigente en la que, a modo de referencia, se establecen límites de protección a la salud de $120 \mu g/m^3$ (en promedio octohorario) o de información en $180 \mu g/m^3$ (en promedio horario).

También es frecuente indicar la concentración de ozono (y otros gases) como la proporción de dicho compuesto con relación al propio aire en el que se encuentra. Habitualmente, la masa de ozono presente en una muestra normal de atmósfera es en torno a diez millones de veces inferior a la del propio aire. Se usa en este sentido otra unidad que indica las partes de ozono por millón de partes de aire (denotado como ppm) o su submúltiplo mil veces inferior, ppb, que indica las partes por billón (entendiendo como el billón americano, igual a mil millones).

La relación entre ellas es la siguiente:

$$0,001 \text{ ppm} = 1 \text{ ppb} = 1,96 \mu g/m^3$$



La Red Valenciana de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica (RVCCA) consta en la actualidad de 51 puntos de control, repartidos por todo el territorio. El ingente volumen de información generado se centraliza en el centro de control situado en los Servicios Centrales de la Conselleria, desde la que se distribuye y explota según las diferentes necesidades.

En la Comunidad Valenciana la Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda es la encargada del control de la contaminación atmosférica. Para hacer un seguimiento continuo de los niveles de ozono (junto con otros contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas) se ha desarrollado la Red Valenciana de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica (RVCCA).

Esta Red cuenta actualmente con un total de 51 puntos de control distribuidos en todo el territorio de la Comunidad: 21 en la provincia de Castellón, 20 en Valencia y 10 en Alicante. En dichos puntos se vigila, con una frecuencia de medida de diez minutos, el nivel de las concentraciones en cada emplazamiento. En conjunto se dispone de un conocimiento exhaustivo y actualizado de los niveles de contaminación atmosférica por ozono (y de las variables que influyen

en su comportamiento, tanto meteorológicas -dispersión- como de otros compuestos -precursores-), posibilitando un diagnóstico rápido y fiable del estado de la calidad del aire ambiente en el entorno de la Comunidad.

Los datos de ozono recogidos en la Red Valenciana de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica, al igual que los del resto de contaminantes, se actualizan de forma horaria a través de internet, estando a disposición del público en la página web de la Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda:

<http://www.cma.gva.es/atmosfera>

Además de los anteriores equipos automáticos referidos, existen otras posibilidades para evaluar las concentraciones de ozono. La legislación vigente los admite sólo como estudios complementarios para el diagnóstico de la calidad del aire, sin que puedan sustituir a las medidas experimentales mediante el procedimiento normalizado en aquellos puntos en que éstas son obligatorias. Entre las diferentes posibilidades admitidas cabe destacar por su potencial y relevancia la utilización conjunta de modelos meteorológicos y de calidad del aire. Entre los procedimientos experimentales cabe mencionar el uso creciente de captadores pasivos. Se trata de pequeños dispositivos (generalmente tubos impregnados con una sustancia captadora) que se dejan expuestos al aire y van acumulando, por un proceso natural, la concentración de ozono presente, proporcionando medidas promediadas de varios días (durante los que dura su exposición).

Se utilizan equipos que emplean una metodología normalizada, que permiten realizar medidas continuas y automáticas de la concentración de ozono en el aire.

La Generalitat Valenciana cuenta con una red de vigilancia distribuida en todo el territorio de la Comunidad Valenciana que ofrece información de las concentraciones de ozono y otros contaminantes, junto con variables meteorológicas, posibilitando un diagnóstico rápido y fiable del estado de la calidad del aire.

¿CÓMO SE ABORDA EL PROBLEMA DE LA CONTAMINACIÓN POR OZONO?

5

La actuación preventiva frente al problema de la contaminación por ozono en los niveles superficiales de la atmósfera se aborda a partir de las herramientas legales que se concretan en las Directivas europeas 96/62/CE, 2002/3/CE y sus correspondientes transposiciones al ordenamiento español a través de los reales decretos 1073/2002 y 1796/2003.

En las mismas se establecen algunas exigencias normativas que determinan las características de la actuación por parte de la Administración frente a la contaminación por ozono (contaminación de origen fotoquímico):

- **Se establecen valores objetivo de concentraciones de ozono para proteger tanto la salud humana como la vegetación**

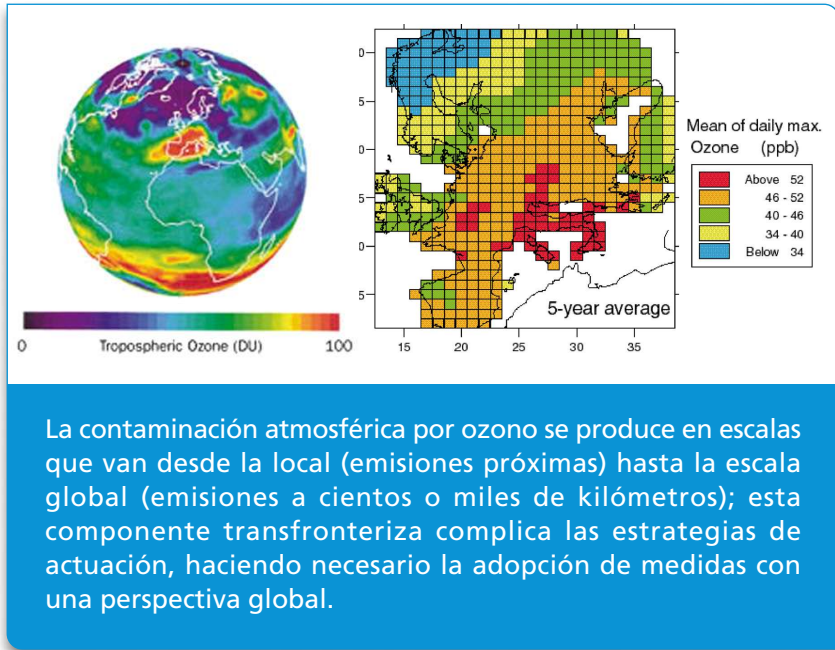
Estos objetivos se proponen como hitos a alcanzar a partir del año 2010.

Para preservar la salud humana, y dado que los efectos parecen asociarse preferentemente a los picos más intensos, se vigila que las concentraciones diarias (promediadas sobre ocho horas) no superen al año más de 25 veces el valor de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (como promedio de tres años consecutivos).

Para la protección de la vegetación se pretende que las dosis a las que se ven sometidas durante los meses de mayor crecimiento no superen un cierto valor (el parámetro de control se calcula a partir de valores acumulados, y se evalúa sobre promedios de cinco años).

- **Se establecen objetivos más estrictos para conseguir a largo plazo**

utilizando como horizonte el año 2020, se proponen límites de concentración de ozono más estrictos, para cuya consecución las comunidades autónomas deberán ejecutar medidas especiales de actuación (coherentes con otros planes de control ya implantados).



- Se establecen los requisitos de información y alerta a la población

Las Administraciones responsables informarán a la población y a las autoridades sanitarias cuando se superen o se prevean superaciones de los umbrales establecidos a tal fin (respectivamente de 180 y 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como máximos horarios diarios); esta información se refiere, entre otra, a los niveles alcanzados, la zona de ocurrencia, la previsión de la evolución de las concentraciones, la población afectada y las precauciones recomendadas, así como las medidas recomendaciones para reducir la contaminación.

- Se establecen los criterios sobre los métodos de referencia para la medida de ozono y calibrado de los equipos

En las zonas en que sea preciso medir de manera continuada la concentración de ozono, existe una norma de referencia (UNE) que especifica el procedimiento de medida (fotometría) y de calibración (fotómetro UV de referencia);

Igualmente se exige la medida continua y normalizada de concentraciones de dióxido de nitrógeno (precursor) al menos en un 50% de los emplazamientos anteriores.

La norma permite utilizar otros procedimientos de evaluación de los niveles de ozono (modelos, estadísticos, ...) en aquellos casos en los que los datos disponibles y estudios previos muestren que no es tan crítica la medida continua.

- **Se establecen los criterios sobre el número y ubicación de las estaciones de medición y de las sustancias precursoras**

En general se requiere la medida continuada de concentraciones de ozono en todas aquellas zonas en que se hayan registrado superaciones de los objetivos de calidad a largo plazo.

Además, se requieren estaciones de vigilancia crecientes en función de la población (a partir de 250.000 habitantes) y de la extensión del terreno (al menos un emplazamiento cada 50.000 km²).



Con el objetivo de proteger la salud de las personas y la vegetación frente a episodios de elevada concentración, el problema de la contaminación por ozono ha sido abordado por las diferentes administraciones, desde el ámbito jurídico europeo, a través de la Directiva 2002/3/CE, a la Administración nacional, mediante el Real decreto 1796/2003.

- **Se establece la información que deberá reportarse al Ministerio de Medio Ambiente y a la Comisión Europea**

Se requiere la información puntual a la Comisión de la Unión Europea de los niveles de ozono registrados en las redes de vigilancia, así como de la ocurrencia de superaciones de los valores objetivo y la aplicación de los planes de actuación en su caso.

Todos los requerimientos anteriores se orientan hacia el objetivo común de evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos del ozono troposférico sobre la salud humana y el medio ambiente en general.

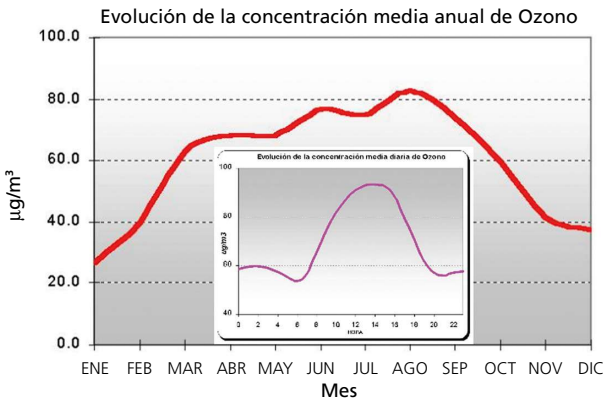
Se han promulgado diferentes directivas europeas, transpuestas al ordenamiento español, que establecen las exigencias para la actuación por parte de la Administración frente a la contaminación por ozono.

Estas normativas establecen valores objetivo de concentraciones de ozono para proteger tanto a la salud humana como a la vegetación, y los requisitos de información y alerta a la población.

¿CUÁL ES LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA COMUNIDAD VALENCIANA RESPECTO A LA CONTAMINACIÓN POR OZONO?

6

Como se ilustró previamente, la concentración de ozono en un punto es el resultado de una gran cantidad de procesos que se producen en la atmósfera, en los que concurren desde las propias emisiones de los compuestos precursores, hasta las transformaciones fotoquímicas a que se ven sometidos, pasando por los mecanismos meteorológicos responsables de su transporte y difusión. Ello hace que los patrones de comportamiento del ozono varíen considerablemente tanto estacionalmente como espacialmente, y por ende la problemática asociada a este tipo de contaminación presenta en ocasiones rasgos fuertemente específicos.



La evolución estacional y diaria de los niveles de ozono muestra un comportamiento específico en función de la localización geográfica (montaña, valle, costa, etc.) y de la naturaleza del entorno (urbanizado, cultivos, bosque, etc.), pudiendo variar significativamente entre puntos relativamente próximos. En general siempre se manifiesta un claro ciclo diurno, así como una onda estacional, con los máximos en las horas centrales del día y en los meses estivales, como corresponde a aquellos periodos con la mayor intensidad de la radiación solar.

La cuenca mediterránea está rodeada por montañas que alcanzan los 1.500 m de altura. En las cadenas montañosas orientadas al este, el calentamiento muy eficaz de las laderas se inicia con la salida del sol, favoreciendo, especialmente en verano, el desarrollo temprano de las circulaciones de ladera que, a su vez, refuerzan las brisas de mar. En este proceso, las pendientes actúan como chimeneas orográficas inyectando en altura el aire contaminado superficial, que se incorporan a los movimientos de retorno de estas circulaciones de brisa (o bien puede transportarse a otras regiones a través de los movimientos atmosféricos en niveles altos). Además, se potencia el movimiento descendente de la masa de aire a lo largo de su recorrido hacia el mar, más frías (subsistencia compensatoria), quedando las capas más bajas al alcance de las brisas a primera hora de la mañana del día siguiente.

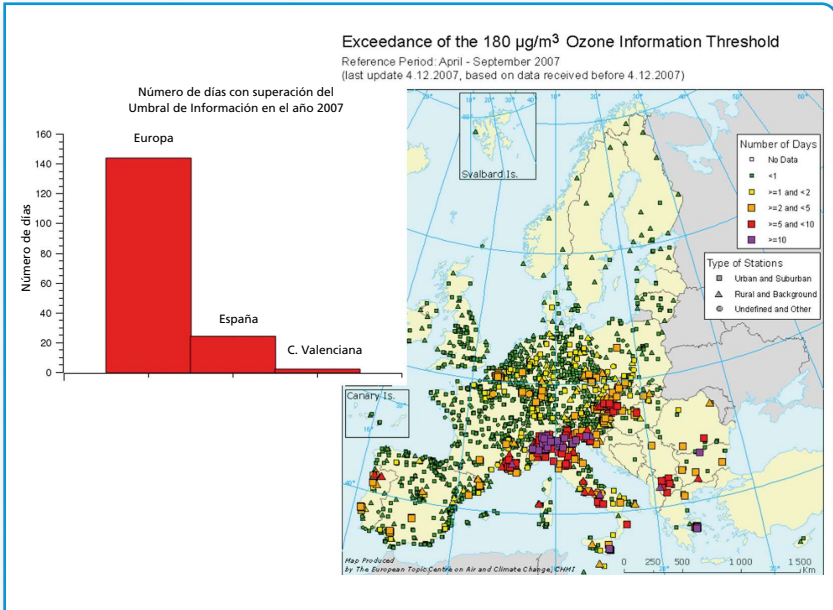
Estos procesos decaen durante la tarde y cesan al anochecer. A la mañana siguiente, los estratos más bajos entran con la nueva brisa del mar y las circulaciones descritas reponen el aire en altura.

Se inicia de esta forma un sistema cerrado en el que la masa de aire puede recircular durante varios días, sin que haya una gran renovación de aire limpio, por lo que progresivamente a los contaminantes envejecidos se van añadiendo las emisiones recientes, con drásticas repercusiones sobre las transformaciones químicas.

Bajo la fuerte radiación solar del verano, estas recirculaciones mar-montaña se convierten en grandes reactores fotoquímicos naturales, donde la mayoría de las emisiones de óxidos de nitrógeno y de compuestos orgánicos volátiles se transforman en ozono, aerosoles y compuestos ácidos.

Como parte de este entorno natural, el territorio de la Comunidad Valenciana presenta como rasgo distintivo un sistema de singulares gargantas excavadas por algunos ríos en su camino hacia el mar, en ocasiones flanqueadas por relieves de más de 400 m de altura. Estas cuencas o canales proporcionan vías naturales de penetración de las masas de aire contaminadas desde la costa hasta las zonas situadas hacia el interior de la Comunidad, conectando con el propio centro mesetario, en una dinámica a mayor escala (peninsular).

El ozono puede alcanzar concentraciones elevadas, principalmente en los emplazamientos rurales situados en el interior. En algunas estaciones el umbral de protección a la salud definido en la Directiva 2002/3/CE se supera durante 20 días al mes en verano, cuando la Directiva recomienda que no debe superarse durante más de 25 días al año.



La normativa impone límites muy estrictos a las concentraciones de ozono, tanto desde el punto de vista de la protección a la salud y a la vegetación ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$), como desde el punto de vista de información ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y alerta ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$). La Comunidad Valenciana muestra superaciones de los umbrales legales establecidos, pero en general ésta es una situación común en todos los países desarrollados.

Por el contrario, el umbral de información (definido en $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio horario) no suele superarse durante más de 6 días al año, y en concentraciones no mayores a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ por encima del umbral. El umbral de alerta no se ha superado en ninguno de los puntos de medida de la RVCCA.

Esto ilustra la mayor ocurrencia de episodios con niveles crónicos de ozono, creados por la recirculación de las masas de aire en la cuenca mediterránea, frente a episodios de concentraciones pico, más altas pero de pocas horas de duración, más frecuentes en el centro de Europa.

El ozono puede alcanzar concentraciones elevadas, principalmente en los emplazamientos rurales situados en el interior. En algunas estaciones el umbral de protección a la salud definido en la Directiva 2002/3/CE se supera durante 20 días al mes en verano, cuando la Directiva recomienda que no debe superarse durante más de 25 días al año.

Por el contrario, el umbral de información (definido en $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio horario) no suele superarse durante más de 6 días al año, y en concentraciones no mayores a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ por encima del umbral. El umbral de alerta no se ha superado en ninguno de los puntos de medida de la red valenciana de vigilancia y control de la contaminación atmosférica.

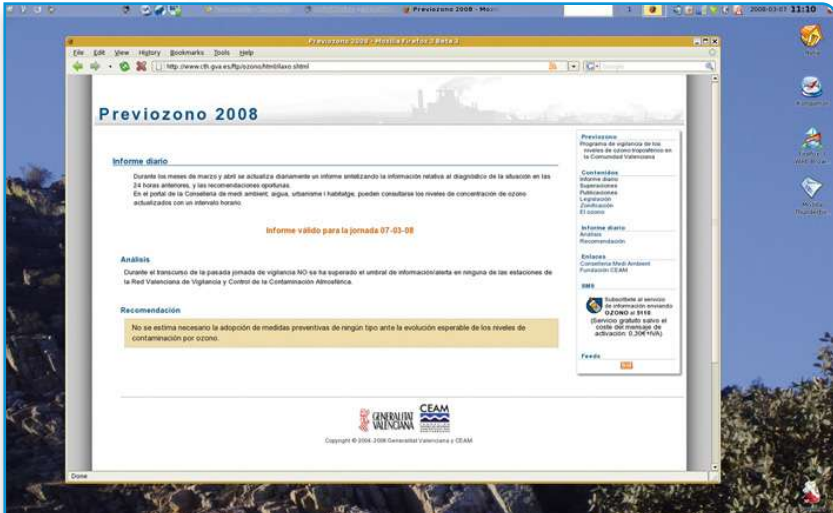
¿EN QUÉ CONSISTE EL PROGRAMA DE VIGILANCIA DEL OZONO TROPOSFÉRICO (PREVIOZONO) DESARROLLADO EN LA COMUNIDAD VALENCIANA?

7

La Generalitat Valenciana desarrolla desde el año 1999, en colaboración con la Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM), un programa de vigilancia de los niveles de concentración del ozono troposférico, en el que se ha dado forma y cumplimiento a las exigencias legales relativas a la información y alerta a la población en situaciones de superación de los umbrales establecidos al respecto, a la vez que se mantiene una vigilancia e información continuada con independencia de la ocurrencia o no de episodios de superación.

Excluyendo el periodo invernal, durante los meses de marzo a octubre, en los que las concentraciones son más altas y es más probable la ocurrencia de picos elevados de ozono, se realiza un seguimiento diario de las concentraciones en todos los puntos de la red de vigilancia de la calidad del aire en la Comunidad Valenciana.

Como parte del programa, no limitado a la simple difusión de la información, se ha venido prestando un especial esfuerzo desde el inicio a la interpretación de las mediciones y su integración en un contexto meteorológico más amplio, con una manifiesta voluntad de propiciar la formación y generación de una base de conocimiento entre la población sobre el complejo y complicado problema de la contaminación atmosférica por ozono. Contaminación que, como se ha puesto de manifiesto en apartados anteriores, no está asociada a emisiones concretas de la actividad humana o industrial (contaminantes primarios), sino que se produce por reacciones en el seno de la propia atmósfera (contaminación secundaria) a partir de otros compuestos previos (precursores), algunos de ellos de origen humano (tráfico e industria) y otros naturales (emisiones de la vegetación). El resultado está además fuertemente condicionado por las condiciones meteorológicas, desde el grado de insolación, la intensidad del viento a gran escala, la formación de brisas, etc., pudiendo en ocasiones percibirse en las concentraciones locales de ozono la influencia de procesos con un origen situado a grandes distancias (transporte/contaminación transfronteriza).



Dentro del marco de la actual legislación sobre la calidad del aire ambiente se recoge la necesidad de mantener informada a la población sobre los niveles de contaminantes a los que se ve sometida, en especial en el caso de superación de ciertos valores umbrales de referencia. Desde el año 1999 se viene desarrollando el programa de vigilancia de los niveles de concentración del ozono troposférico (PREVIOZONO), en el que se ha dado curso a los requerimientos legales, especialmente en lo referido a la información a la población. Junto a las exigencias normativas, el programa constituye a la vez un vehículo de difusión de información y formación a la población, sobre el complejo problema de la contaminación por ozono en los niveles inferiores de la atmósfera.

Durante los meses centrales del periodo de vigilancia (mayo a septiembre) se elabora un informe diario con contenido más exhaustivo, incluyendo la siguiente información:

- Resumen de los valores de concentración de ozono en las 24 horas anteriores.
- Valoración de los niveles de concentración registrados en función de las condiciones meteorológicas acontecidas.
- Estimación de la evolución esperable de las concentraciones para la siguiente jornada, con las correspondientes recomendaciones a la población en caso de que se encuentren elevadas o se esperen superaciones.

Esta información puede consultarse en la página web del programa Previozono:

<http://www.cma.gva.es/previozono>

Cuando se produce, o cuando se prevé una elevada probabilidad de registrarse una superación del umbral de información ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio horario) y/o alerta ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio horario) se activa un plan específico con el fin de asegurar la información a la población, poniéndose en marcha el canal de distribución a través de los protocolos de Protección Civil, encargándose de alertar a los municipios afectados así como alertar a los servicios sanitarios de la zona y medios de comunicación.

SMS



Subscríbete al servicio de información enviando OZONO al 5110 (Servicio gratuito salvo el coste del mensaje de activación: 0,30€+IVA)

El cumplimiento de los requerimientos legales de información a la población, especialmente ante la ocurrencia de episodios agudos de contaminación, precisa de un medio ágil y personalizado de acceso a los posibles individuos afectados. Actualmente la Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge dispone de un servicio de mensajería a móviles que permite, mediante el envío de un SMS, estar actualizado, a través de un mensaje al teléfono móvil, de la ocurrencia de superaciones del umbral de información y/o alerta por ozono troposférico en cualquier estación de la Red Valenciana de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica.

Todas las personas y/o entidades que estén interesadas en recibir estos mensajes, pueden activar su teléfono móvil para recibir la información, con solo enviar un SMS. Este servicio es gratuito, salvo el coste del mensaje de activación (30 céntimos de euro más IVA).

OZONO al nº 5110

Para darse de baja deberá enviar el mensaje OZONO BAJA al nº 5110.

El mensaje a recibir, consistirá en un envío de la Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda informando en qué estación de la Comunidad Valenciana ha ocurrido la superación del umbral de ozono, e incluyendo la hora, concentración registrada, y duración de la superación, se aporta también la dirección de la página web del programa Previozono, donde se puede consultar la información adicional.

La Generalitat Valenciana desarrolla desde el año 1999, en colaboración con la Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM), un programa de vigilancia de los niveles de concentración del ozono troposférico, en el que se ha dado forma y cumplimiento a las exigencias legales relativas a la información y alerta a la población en situaciones de superación de los umbrales establecidos al respecto, a la vez que se mantiene una vigilancia e información continuada con independencia de la ocurrencia o no de episodios de superación.

Cuando se produce, o cuando se prevé una elevada probabilidad de registrarse una superación del umbral de información y/o alerta se activa un plan específico con el fin de asegurar la información a la población, poniéndose en marcha el canal de distribución a través de los protocolos de Protección Civil.

También se dispone de un servicio de mensajería a móviles con información de las ocurrencias de superaciones del umbral de información y/o alerta (estación, hora, concentración y duración).

¿CÓMO SE PUEDE COMBATIR LA CONTAMINACIÓN POR OZONO?

8

Las concentraciones de ozono troposférico en Europa son hoy entre tres y cuatro veces superiores a las de la época preindustrial, sobre todo como resultado del gran incremento de las emisiones de óxidos de nitrógeno e hidrocarburos procedentes de la industria y los vehículos, desde la década de 1950.



La reducción de las actuales concentraciones de ozono precisa la disminución de las emisiones a la atmósfera de compuestos (precursores) que desencadenan las reacciones fotoquímicas que acaban produciendo un incremento neto de los niveles de ozono troposférico. Estas sustancias (óxidos de nitrógeno y compuestos volátiles orgánicos) se emiten en grandes cantidades por las actividades industriales y por el tráfico. La reducción de la quema de combustibles fósiles en la producción eléctrica, desviándola hacia el uso de energías alternativas, constituye una forma de reducir estas emisiones.

La reducción de las concentraciones de ozono, en tanto que es un contaminante secundario, ha de realizarse necesariamente a partir de la limitación en la emisión de sus precursores, principalmente óxidos de nitrógeno e hidrocarburos. Sin embargo, el diseño de estrategias para combatir la contaminación fotoquímica es complejo, ya que la relación entre el ozono y aquellos compuestos a partir de los cuales se forma no es directa; ello significa que el descenso en las concentraciones de ozono no es necesariamente proporcional a las correspondientes reducciones en las emisiones de precursores, pudiendo traducirse incluso en un aumento neto de los niveles de ozono.

Por ello es necesario hacer una evaluación que permita la aplicación de estrategias de reducción adaptadas a cada zona. No es posible simplemente extrapolar a partir del análisis de las tendencias observadas la evolución esperable de las concentraciones de ozono, ya que la variabilidad en las reducciones de precursores puede alterar significativamente las previsiones. La evaluación de dichas estrategias ha de realizarse necesariamente mediante la aplicación de modelos matemáticos que simulen los procesos meteorológicos y las reacciones químicas.

Por otra parte, dado que el ozono es un problema de carácter global, es necesario que las medidas a adoptar tengan también un carácter general. En 1999 se firmó el Protocolo de Gothenburg, estableciendo unos techos de emisión para cuatro contaminantes: SO_2 , NO_x , VOC y NH_3 , que fueron negociados en base a los conocimientos científicos sobre los efectos de la contaminación y las opciones de reducción. En su redacción participó la Unión Europea, los países del Centro y Este de Europa, los Estados Unidos y Canadá.



Una vía fundamental para reducir las emisiones de compuestos precursores causantes de la producción de ozono en la baja atmósfera consiste precisamente en la limitación de aquellas actividades asociadas a la utilización de combustibles fósiles. Siendo el tráfico una de las fuentes más importantes de óxidos de nitrógeno, la utilización de medios públicos o no contaminantes es también una forma eficaz de actuar contra el incremento de los niveles de ozono.

En reflejo del Protocolo de Gothenburg, la Unión Europea promulgó en 2001 la Directiva 2001/81/EC relativa a los techos nacionales de emisión de las anteriores especies, a alcanzar en el año 2010. En términos legales, la directiva hija sobre el ozono (comentada en el apartado 5) y la anterior directiva de techos de emisión constituyen la implementación legal directa de tales estrategias de reducción.

Sobre estos objetivos, se realiza un análisis de coste/beneficio: coste derivado de la puesta en marcha de los programas de reducción; beneficio obtenido de los ahorros en salud, deterioro de materiales y disminución de cosechas.

Para Europa se ha estimado que la implementación del Protocolo tendría como consecuencia una reducción a la mitad en el número de días con superaciones de los umbrales legales de ozono.

En este contexto, la Comunidad Valenciana a través de la Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda, ha venido propiciando una serie de actuaciones que se pueden resumir en los puntos siguientes:

- Continua ampliación y mantenimiento de la Red Valenciana de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica en todo el territorio de la Comunidad.
- Información continuada y actualizada (cada hora) de los niveles de ozono (y otros contaminantes) en todos los puntos de la red, a través de la web (<http://www.cma.gva.es/previozono>).
- Desarrollo del programa de vigilancia e información de los niveles de ozono troposférico (PREVIOZONO) (<http://www.cma.gva.es/previozono>).
- Servicio gratuito de mensajes a móviles con información puntual de la ocurrencia de superaciones de los umbrales de ozono troposférico en cualquiera de las estaciones de vigilancia de la Comunidad.
- Servicio gratuito de mensajes a móviles con información del estado de la calidad del aire en la Comunidad Valenciana (índice de calidad del aire basado en 5 contaminantes atmosféricos: SO₂, O₃, CO, PM₁₀ y NO₂).
- Elaboración de un inventario autonómico de emisiones (procedentes del tráfico, industriales y biogénicas), como base para el desarrollo de cualquier política de gestión y reducción de la contaminación atmosférica.
- Seguimiento de las emisiones atmosféricas industriales a través de la declaración de emisiones en el registro E-PRTR.
- Puesta en marcha de un programa de simulación fotoquímica en el ámbito de la Comunidad Valenciana, con objeto de incrementar el conocimiento de la dinámica del ozono, como condición necesaria para evaluar y proponer estrategias realistas de reducción de los niveles de contaminación de ozono.

Para concluir, desde una perspectiva individual, la lucha contra la contaminación atmosférica en general, y del ozono en particular, pasa inexcusablemente por la reducción de emisiones a la atmósfera, ya se trate de los compuestos primarios o de los precursores. Como guía genérica de comportamiento, cabría sugerir:

- Practicar una actitud general de ahorro de energía en el ámbito privado y de desenvolvimiento individual.
- Evaluar el rendimiento energético de los bienes a adquirir, favoreciendo aquellos de menor consumo.
- Potenciar el uso de transportes públicos en detrimento del vehículo privado, y en especial aquellos no contaminantes (bicicleta).
- Propiciar la utilización rentable del automóvil propio, optimizando su ocupación.
- Disminuir progresivamente el uso de productos que contengan disolventes orgánicos (COV) en favor de los solubles en agua.

La reducción de las concentraciones de ozono, en tanto que es un contaminante secundario, ha de realizarse necesariamente a partir de la limitación en la emisión de sus precursores, principalmente óxidos de nitrógeno e hidrocarburos.

RECAPITULACIÓN

9

1. ¿Es el Ozono un contaminante peligroso?

El ozono es un gas con un alto poder oxidante, que en concentraciones elevadas tiene efectos adversos sobre la salud humana, la vegetación y los materiales. La incidencia parece ser más evidente en episodios agudos de concentración de corta duración que en el caso de exposiciones a niveles moderados durante periodos prolongados. Es necesario prevenir la exposición de niños, personas mayores e individuos con problemas respiratorios, y en especial en actividades físicas (que aumentan la ventilación).

2. ¿Cuál es el origen del Ozono en la atmósfera?

El ozono se concentra en dos estratos de la atmósfera: en la capa más baja (troposfera) actúa como un contaminante (ozono malo), que se forma a través de reacciones en las que intervienen sustancias emitidas por el tráfico, la industria y la vegetación.

En la estratosfera (de 12 a 50 km) el ozono se encuentra en concentraciones muy superiores y se origina a partir de la radiación solar; su efecto es beneficioso, siendo el responsable de filtrar la radiación ultravioleta-b, dañina para los seres vivos, evitando que alcance la superficie terrestre (ozono bueno).

3. ¿Cómo incide el Ozono al medio y la salud?

En las personas expuestas a concentraciones elevadas puede producir daños centrados principalmente en el tracto respiratorio.

En las plantas puede ocasionar una reducción de las tasas de crecimiento de hojas, tronco, raíces y frutos.

En el caso de los materiales, el ozono favorece y potencia los procesos de corrosión, acelerando en general su degradación.

4. ¿Cómo se mide la concentración ambiente de Ozono?

Se utilizan equipos que emplean una metodología normalizada, que permiten realizar medidas continuas y automáticas de la concentración de ozono en el aire. La Generalitat Valenciana cuenta con una red de vigilancia distribuida en todo el territorio de la Comunidad Valenciana que ofrece información de las concentraciones de ozono y otros contaminantes, junto con variables meteorológicas, posibilitando un diagnóstico rápido y fiable del estado de la calidad del aire.

5. ¿Cómo se aborda el problema de la contaminación por Ozono?

Se han promulgado diferentes directivas europeas, transpuestas al ordenamiento español, que establecen las exigencias para la actuación por parte de la Administración frente a la contaminación por ozono.

Estas normativas establecen valores objetivo de concentraciones de ozono para proteger tanto a la salud humana como a la vegetación, y los requisitos de información y alerta a la población.

6. ¿Cuál es la situación actual de la Comunidad Valenciana respecto a la contaminación por Ozono?

El ozono puede alcanzar concentraciones elevadas, principalmente en los emplazamientos rurales situados en el interior. En algunas estaciones el umbral de protección a la salud definido en la Directiva 2002/3/CE se supera durante 20 días al mes en verano, cuando la Directiva recomienda que no debe superarse durante más de 25 días al año.

Por el contrario, el umbral de información (definido en $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio horario) no suele superarse durante más de 6 días al año, y en concentraciones no mayores a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ por encima del umbral. El umbral de alerta no se ha superado en ninguno de los puntos de medida de la Red Valenciana de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica.

7. ¿En qué consiste el programa de vigilancia del ozono troposférico (PREVIOZONO) desarrollado por la Comunidad Valenciana?

La Generalitat Valenciana desarrolla desde el año 1999, en colaboración con la Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM), un programa de vigilancia de los niveles de concentración del ozono troposférico, en el que se ha dado forma y cumplimiento a las exigencias legales relativas a la información y alerta a la población en situaciones de superación de los umbrales establecidos al respecto, a la vez que se mantiene una vigilancia e información continuada con independencia de la ocurrencia o no de episodios de superación.

Cuando se produce, o cuando se prevé una elevada probabilidad de registrarse una superación del umbral de información y/o alerta se activa un plan específico con el fin de asegurar la información a la población, poniéndose en marcha el canal de distribución a través de los protocolos de Protección Civil.

También se dispone de un servicio de mensajería a móviles con información de las ocurrencias de superaciones del umbral de información y/o alerta (estación, hora, concentración y duración).

8. ¿Cómo se puede combatir la contaminación por Ozono?

La reducción de las concentraciones de ozono, en tanto que es un contaminante secundario, ha de realizarse necesariamente a partir de la limitación en la emisión de sus precursores, principalmente óxidos de nitrógeno e hidrocarburos.

REFERENCIAS RECOMENDADAS

10

- CASELLI, MAURIZIO, *La contaminación atmosférica. Causas y fuentes. Efectos sobre el clima, la vegetación y los animales*, Editorial Siglo Veintiuno, México DF, 2000, 6ª edición.
- CASTELL, NURIA I MANTILLA, ENRIQUE, *Estudio de los episodios de contaminación por ozono en la Comunidad Valenciana*, Generalitat Valenciana, 2004.
- MILLAN, M. M., *Ozone dynamics in the Mediterranean basin. A collection of scientific papers resulting from the MECAPIP, RECAPMA and SECAP Projects*, (2002); Air Pollution Research Report 78. Bruselas: 287 pp.
- MORALES SEGURA, RAUL G. E., *Contaminación atmosférica urbana: episodios críticos de contaminación*, Universidad de Chile, 2006.
- SEINFELD, JOHN H, *Contaminación atmosférica: Fundamentos físicos y químicos*, Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid, 1978.
- SPEDDING, D. J. *Contaminación atmosférica*, Reverte, Barcelona, 1981.
- VALTUEÑA, JOSÉ A., *Enciclopedia de la ecología y la salud*, Biblioteca Educación y Salud, Safeliz, Madrid, 2001.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE DE IMÁGENES

11

AGRADECIMIENTOS

La Fundación CEAM está cofinanciado por la Generalitat Valenciana y Bancaixa, y participa en el Programa CONSOLIDER - INGENIO 2010 (Proyecto GRACCIE).

FUENTE DE IMÁGENES

CAPÍTULO 1

<http://commons.wikimedia.org>

CAPÍTULO 2

<http://www.ci.arlington.tx.us>

<http://www.nasa.gov>

<http://commons.wikimedia.org>

CAPÍTULO 3

<http://blogs.canalmeteo.com>

<http://commons.wikimedia.org>

CAPÍTULO 4

Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda

CAPÍTULO 5

<http://science.hq.nasa.gov>

<http://reports.eea.europa.eu>

<http://commons.wikimedia.org/>

CAPÍTULO 6

Datos de la RVVCCA

Centro de Asuntos Europeos en Cambio Climático y Aire (EIONET)

CEAM

CAPÍTULO 7

Elaboración CEAM

CAPÍTULO 8

<http://commons.wikimedia.org>

PORTADA

Efectiva.net